



Claas Arion 420 CIS, experiencias en campo

Pilar Barreiro, Belén Diezma, Constantino Valero, Eva Baguena,
Miguel Garrido y Román Zarco.

LPF_TAGRALIA. Dpto. Ingeniería Rural. ETSIA. Universidad Politécnica de Madrid.



Antonio Sánchez, propietario del tractor junto a personal del concesionario Claas Autoagrícola Jécar, y el equipo de la Universidad Politécnica de Madrid que ha realizado esta prueba.

El día 2 de septiembre tuvo lugar en una pequeña parcela de Talayuela (Cáceres), un ensayo en campo para evaluar las capacidades del nuevo tractor Claas 420 CIS (Claas Information System), un vehículo con vocación generalista bautizado por el fabricante con el lema: uno para todos. El tractor y los aperos (un chisel de siete brazos y un rotavator de 3,3 m de ancho útil) fueron puestos a disposición del personal de la Universidad gracias a la colaboración del concesionario Claas Autoagrícola Jécar en dicha localidad y a Antonio Sánchez Arcaz, propietario del tractor. Los resultados más destacables se detallan a continuación.

En diciembre de 2009 el profesor Jacinto Gil Sierra efectuó un exhaustivo repaso de las características técnicas de la serie Claas Arion 430 (110 CV/81 kW). El tractor que nosotros hemos ensayado: Claas 420 (105 CV/77 kW) es muy similar al anterior con la salvedad de que tiene 5 CV menos en régimen nominal y 10 CV menos a máxima potencia. Se trata de un motor de inyección electrónica common rail perteneciente a la categoría Tier III A, dispone de 4 cilindros (4.525 cm³ de cilindrada total), y dieciséis marchas (hacia delante y hacia atrás) correspondientes a una combinación de cuatro grupos y una caja de cambio principal de cuatro marchas; las gamas se denominan A, B, C y D mientras que las marchas se denominan 1, 2, 3 y 4. Las marchas son ascendentes, desde la A1 hasta la D4 (transporte). Cuando el operario no está sentado en el asiento (carga inferior a 30 kg), la transmisión permanece en posición neutra. En todos los casos se trata de un cambio sincronizado accionado electrohidráulicamente mediante un pulsador en la palanca de mandos.

Este tractor dispone de gestión electrónica de las transmisiones mediante el dispositivo Quadtrac, exclusivo en la versión CIS (Claas Information System) en esta serie, con cuatro niveles: trabajo manual, trabajo en cambio automático, transporte en control manual y transporte con control automático. En trabajo sólo se cambia automáticamente entre las marchas de un mismo grupo, mientras que en el modo transporte automático el sistema es capaz de realizar el cambio automático tanto dentro de los grupos como entre grupos. Esta opción no es recomendable en el modo trabajo para evitar que la mínima desconexión entre motor y ruedas (más amplia en el cambio entre grupos) afecte a la uniformidad de la labor, a la integridad del tractor y a la seguridad del operario. En el manejo de aperos conectados a la toma de fuerza, un pequeño sensor torsional permite determinar la necesidad de liberar una potencia adicional de hasta 10 CV en caso necesario; también se dispone de dicha "extra potencia" desde la marcha C1 (a partir de 6 km/h), con demanda de caudal del sistema hidráulico o en función de la temperatura del agua del motor; esta serie no dispone de gestión de cabeceras.

Un aspecto interesante en este tractor es su reducida batalla (2,56 m) y amplio ancho

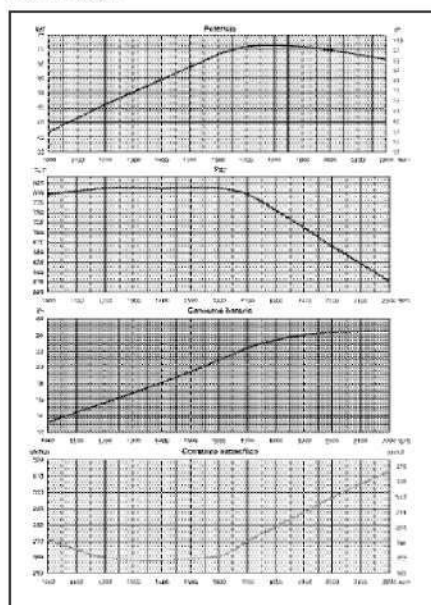
CUADRO I. Especificaciones técnicas del tractor Claas Arion 420 CIS.

Claas 420 CIS	
Potencia al régimen nominal (ISO14396) (kW/CV)	77 / 105
Potencia máxima (ISO14396) (kW/CV)	81 / 110
Nº cilindros / cilindrada (cm ³)	4 / 4.525
Inyección	Common rail
Régimen nominal (r/min)	
Aumento de par motor (%)	2.200 / 39
Régimen de revoluciones con potencia máxima (r/min)	2.000
Conexión de la doble tracción	Accionamiento electrohidráulico
Transmisión	
Número de marchas hacia delante / hacia atrás	4 marchas bajo carga electrohidráulicas; 4 grupos con control electrohidráulico 16 / 16
Ángulo máximo de la dirección (°) / radio de giro, doble tracción (m)	55 / 4,4
Capacidad máxima de elevación hidráulico trasero (kg)	6.500
Peso sin carga (kg)	4.900
Contrapeso máximo frontal (kg)	722
Reparto de peso con contrapesos delante/detrás (%)	50 / 50
Altura máxima (m)	2,76
Distancia libre al suelo (m)	0,45
Ancho de vía (m)	1,95
Longitud (m)	4,44
Distancia entre ejes (m)	2,56

de vía 1,95 m (para mayor estabilidad), así como un peso total ajustado (ligeramente inferior a 5.000 kg) que se distribuye al 50% entre el eje trasero y el delantero, admitiendo un contrapeso frontal máximo de 720 kg.

Figura 1

Ensayo del motor a la toma de fuerza del tractor.



Un aspecto que hemos querido evaluar en este ensayo de campo es la posibilidad de utilizar los brazos elevadores del hidráulico en modo amortiguador, de manera que en el transporte de aperos suspendidos, cuando un tractor encuentra un bache se permite la oscilación del apero evitando que se vea arrastrado en la sacudida. La **figura 1** y el **cuadro I** muestran las características técnicas del tractor ensayado.

Ensayo de rodadura y reparto de pesos

El **cuadro II** muestra el peso total y el reparto de peso determinado *in situ* en la cooperativa Coolasar. Puede apreciarse que el tractor se encontraba lastrado con 1.880 kg (400 kg de lastre en el frontal y las ruedas llenas de agua al 75%). Esta configuración fue seleccionada por el concesionario y puesta en tela de juicio por el personal de la universidad, aunque no fue posible modificarla debido a la dificultad de reducir el hidroinflado en campo. Conviene destacar que el lastrado modificó sustancialmente la distribución de pesos propuesta por el fabricante y muestra una relación peso/potencia de 88 kg/kW que podría haberse optimizado a la baja. Por otra parte, es imprescindible comprobar que

CUADRO II. Determinación de la distribución de pesos y ensayo de rodadura.

	Peso total (kg)	Porcentaje de peso al eje delantero (%) y código de los neumáticos delanteros	Porcentaje de peso al eje trasero (%); código de los neumáticos traseros; diámetro teórico (cm)	Diámetro de rodadura del neumático trasero en simple tracción (cm)	Diámetro de rodadura del neumático trasero en doble tracción (cm)
Claas 420 CIS sin lastre	4.900	50,0% 360/70 R20	50,0% 420/85 R30		
Claas 420 CIS en el ensayo	6.780	44,6% 440/65 R24	55,4% 480/70 R34 174,7	166,7	168,0

CUADRO III. Características de los ensayos de campo.

Apero	Profundidad (cm)	Velocidad (km/h)	Marcha/Control	Régimen motor (rev min ⁻¹)	Régimen. Toma de fuerza (rev min ⁻¹)
Chísel suspendido de 7 brazos	15,4±1,7	7-8	B3 Quadractiv	2.000	-
Chísel suspendido de 7 brazos	16,6±2,1	7-8	B3-B4 manual	2.000	-
Chísel suspendido de 7 brazos	16,3±1,0	6-7	B2 Quadractiv	2.000	-
Chísel suspendido de 7 brazos	14,8±1,5	6-7	B2 manual	2.000	-
Rotavator 3,3 m	11,5±1,8	5,5-6	B2 Quadractiv a 540 rpm	2.000	540
Rotavator 3,3 m	13,3±2,2	5,5-6	B2 manual	2.000	540



El tractor tiene un peso total ajustado (ligeramente inferior a 5.000 kg) que se distribuye al 50% entre el eje trasero y el delantero, admitiendo un contrapeso frontal máximo de 720 kg.

el nivel de lastrado esté dentro del máximo admisible por la estructura de protección contra vuelco de la cabina.

El cálculo del diámetro de rodadura parece indicarnos que existe una diferencia excesiva entre el diámetro real (en rodadura) de las ruedas en simple y doble tracción y el diámetro teórico (174,7 cm, **cuadro II**) ya que en otros ensayos se ha situado en torno a 5 cm, diferencia atribuible a un efecto combinado de exceso de lastrado y escasa presión. El exceso de lastrado es con diferencia el error más extendido en la actualidad y es el resultado de aplicar una experiencia acumulada con tractores y aperos muy diferentes a los actuales. El lastrado debe buscar el compromiso entre la resistencia a la rodadura y el resbalamiento de las ruedas. Es importante que exista un cierto nivel de resbalamiento (entre el 5 y el 10%) para optimizar la eficiencia de tracción, aspecto que es fácilmente determinable con un GPS de bajo coste. Además hay que tener en cuenta que a mayor velocidad de operación menor es el lastrado necesario. Algunos estudios del servicio de extensión agraria americano (PAMI) indican que un incremento de un 30% en velocidad (por ejemplo, de 6 a 9 km/h) permite reducir el lastrado hasta en un 30%. Por otra parte un estudio de 2009 de la Universidad de Évora (Portugal) indica que el empleo de hidroinflado es cuestionable debido a que en muchas ocasiones no mejora la capacidad de trabajo significativamente y sin embargo incrementa entre un 5 y un 10% el consumo de combustible, además de empeorar sustancialmente la comodidad del usuario al aumentar las vibraciones en transporte.

Instrumentación empleada

In situ se marcó perimetralmente en la parcela un recorrido de 100 m de besana por 50 m de ancho (máximo disponible), estableciéndose manualmente por duplicado los tiempos de trabajo y comparándose posteriormente con los datos recogidos por medios digitales.

Se han empleado dos GPS diferenciales (uno centrado sobre el tractor y otro sobre el apero), además de la grabación a través del conector de diagnóstico para evaluar las condiciones de funcionamiento del motor en régimen (rpm), nivel de carga (%) y consumo (l acumulados). Se ha recurrido al empleo de ArcGIS en combinación con ortofotos del Plan Nacional de Ortofotografía Aérea (PNOA)



La parcela dispone de una pendiente longitudinal del 1,5% de acuerdo con los datos del GPS, de ahí que se realicen alternativamente trayectos ascendentes y descendentes en la prueba.

para representar sobre ellas los recorridos de trabajo superponiendo con un mapa de color las velocidades reales de avance.

Finalmente se han empleado dos acelerómetros uniaxiales: uno situado en el centro del apero suspendido y otro en la base del asiento del conductor, con el fin de evaluar el efecto del sistema de amortiguamiento en los brazos elevadores. El sistema de adquisición y procesado es un reciente desarrollo del LPF_Tagraia en el marco de un proyecto fin de carrera.

Parcela de estudio

La parcela de trabajo se sitúa en coordenadas $40^{\circ} 4' 9,4''$ N y $5^{\circ} 31' 51''$ O. En ella se efectuó una caracterización del suelo mediante un ensayo de penetración en siete puntos diametrales, determinándose, mediante secado en estufa, un valor medio de hume-



En el ensayo con chísol se establecieron dos posibles configuraciones: 2.000 rpm de motor iniciándose el trabajo en la velocidad B3 (dejando que el sistema Quadractiv modificara la marcha para mantener el régimen) y 2.000 rpm de motor iniciándose el trabajo en posición de cambio B2.

dad inferior al 5% y una densidad aparente de 1.400 ± 400 g/l. En la **figura 2**, que muestra los valores de caracterización del suelo, puede observarse que la parcela mostraba un horizonte de compactación entre 10 y 15 cm.

La parcela dispone de una pendiente longitudinal del 1,5% de acuerdo con los datos del GPS, de ahí que se realicen alternativamente trayectos ascendentes y descendentes, aspecto que se tendrá en cuenta más adelante en el análisis de resultados.

Ensayos efectuados

Se han realizado ensayos de laboreo en campo con un chisel de siete brazos (2,6 m de ancho útil) y un rotavator (3,3 m de ancho útil y 540 rpm a la toma de fuerza de régimen de accionamiento) tanto en configuración de cambio automático Quadractiv como en posición de cambio manual (**cuadro III y figuras 3, 4 y 5**). En el ensayo con chisel se establecieron dos posibles configuraciones: 2.000 rpm de motor iniciándose el trabajo en la velocidad B3 (dejando que el sistema Quadractiv modificara la marcha para mantener el régimen) y 2.000 rpm de motor iniciándose el trabajo en posición de cambio B2. En el trabajo manual con chisel se comparó la realización de cambio manual con el trabajo en velocidad constante en B2.

En el trabajo con rotavator se comparó la solución Quadractiv solicitando al sistema de control que mantuviera el régimen de la toma de fuerza constante a 540 rpm, respecto a la solución manual en la que se trabajó al régimen solicitado en marcha constante B2.

Finalmente en los ensayos de transporte se comparó el empleo del sistema de amortiguación (Shock Eliminator) en un trayecto de 1,05 km, portando el chisel en forma suspendida, y realizando el recorrido en una carretera de acceso al campo donde la presencia de baches era evidente.

Resultados de los ensayos de laboreo

Las **figuras 6, 7 y 8** resumen las características más relevantes de funcionamiento del motor durante

Figura 2

Caracterización del suelo mediante ensayo de penetración.

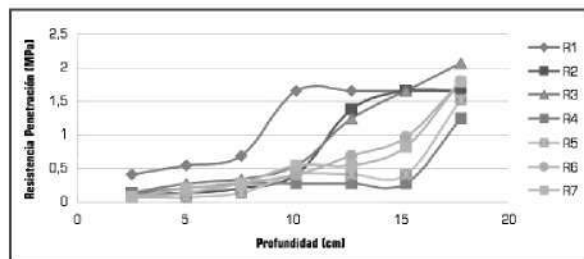


Figura 3

Representación de los recorridos con el chisel sobre ortofoto del PNOA (Plan Nacional de Ortografía Aérea).

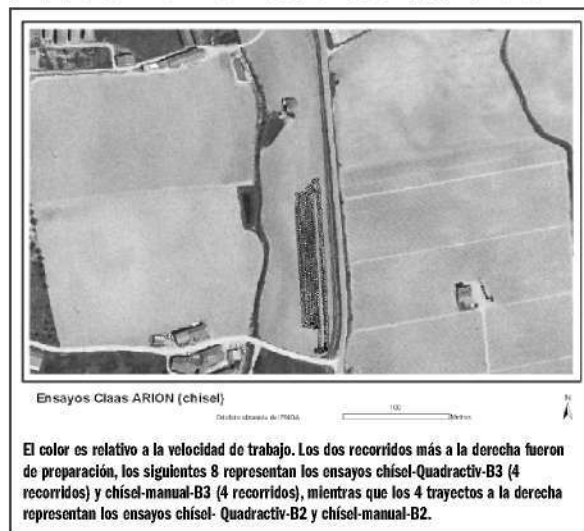


Figura 4

Representación de los recorridos con el rotavator sobre ortofoto del PNOA (Plan Nacional de Ortografía Aérea).



los ensayos de laboreo. Cada figura muestra doce barras en tres colores: azul correspondiente al chisel con control automático (Quadractiv), rojo correspondiente al chisel en manual y verde referente al rotavator. Para cada uno de estos colores hay cuatro barras correspondientes a dos modos de trabajo claramente indicados en el eje de abscisas (relativo a la velocidad de la marcha en chisel y tipo de control en el rotavator). Para un mismo apero y modo de trabajo hay dos barras correspondientes a trayectos ascendentes (barra izquierda) y descendentes (barra derecha); la parcela dispone de un 1,5% de pendiente longitudinal de acuerdo con el GPS. En todos los casos los niveles de carga se situaron por encima del 80%.

Los niveles más elevados corresponden al chisel (tanto automático como manual) con velocidades reales de avance entre 7 y 7,5 km/h. Se verifica una reducción en el nivel de carga medio al pasar, en el ensayo con chisel, de la velocidad B3 inicial a la B2. El nivel de carga es superior en trayectos ascendentes que descendentes y la velocidad real superior en trayectos descendentes que ascendentes. El sistema Quadractiv de la versión CIS permite trabajar con una ligeramente mayor velocidad real de avance, dado que es capaz de optimizar y mantener el trabajo a 2.000 rpm del motor.



Figura 5

Recorrido en transporte de ida y vuelta repetido en idénticas condiciones con y sin sistema de amortiguación en los brazos elevadores (Shock Eliminator).



CUADRO IV. Valores medios de consumo en las labores con chisel y rotavator.

Apero/profundidad media (cm)	Capacidad de trabajo	Consumo		Terreno removido	Consumo
		l/h	l/ha	dm ³ /h	ppm (ml/m ³)
Chisel/ 15,8 cm	1,80	28,8	16,0	2.861	10,1
Rotavator/ 12,4 cm	1,94	22,1	11,4	2.411	9,2



Se verifica una reducción en el nivel de carga medio al pasar, en el ensayo con chisel, de la velocidad B3 inicial a la B2. El sistema Quadtrac de la versión CIS permite trabajar con una ligeramente mayor velocidad real de avance, dado que es capaz de optimizar y mantener el trabajo a 2.000 rpm del motor. Foto derecha: En el trabajo con rotavator se comparó la solución Quadtrac solicitando al sistema de control que mantuviera el régimen de la toma de fuerza constante a 540 rpm, respecto a la solución manual en la que se trabajó en marcha constante B2.

La **figura 9** muestra la repercusión que tiene el cambio automático en la velocidad real de avance en dos trayectos (ascendente y descendente, izquierda y derecha respectivamente). En el trayecto descendente el procedimiento de cambio automático permitió aumentar la velocidad real sin modificar el régimen de motor (2.000 rpm).

Las **figuras 10 y 11** permiten visualizar el comportamiento del sistema de cambio automático (Quadtrac). Tanto en el trabajo con el chisel como con el rotavator el régimen de motor (línea roja) en las besanas se mantiene muy constante salvo cuando que se alcanza el 100% de carga de motor

(línea verde), véase el área marcada en la **figura 10**. Es interesante comprobar cómo la temperatura del aire de sobrealimentación (línea azul) aumenta a lo largo de las besanas de trabajo a la demanda de carga continuada.

La resolución de los datos de consumo tan sólo permite ofrecer un dato medio estimado para los trabajos con chisel y con rotavator (**cuadro IV**), valores que se han calculado en términos de consumo horario, por hectárea y por volumen de tierra removido. El consumo con el rotavator fue menor que con el chisel dado que la profundidad de trabajo también fue significativamente

más reducida (12,4 cm respecto a 15,8 cm en valores medios). Sin embargo, el consumo referido al volumen de tierra removido es similar: 10 ppm con el chisel vs 9 ppm con el rotavator. Un consumo de 10 ppm in-

De izquierda a derecha: El consumo con el rotavator fue menor que con el chisel dado que la profundidad de trabajo también fue significativamente más reducida (12,4 cm respecto a 15,8 cm en valores medios). Sin embargo, el consumo referido al volumen de tierra removido es similar.

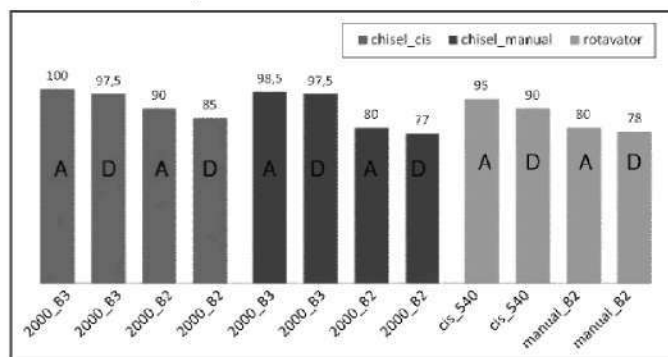
Foto central: Tanto en el trabajo con chisel como con rotavator el régimen de motor (línea roja) en las besanas se mantiene muy constante salvo cuando que se alcanza el 100% de carga de motor.

Foto derecha: Medición de la profundidad de trabajo en las pruebas realizadas.



Figura 6

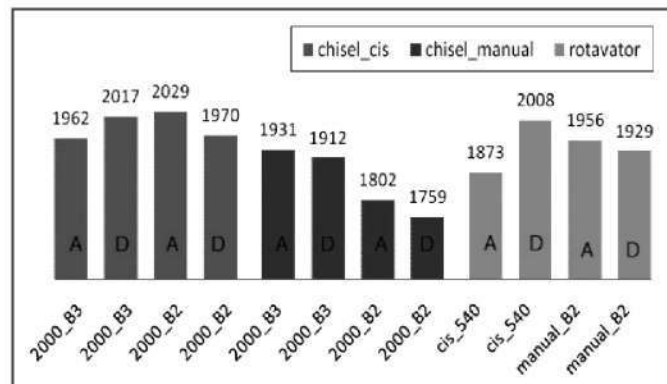
Resumen de las características más relevantes de funcionamiento del motor: nivel de carga (%) durante los ensayos de laboreo; A y D refiere a trayectos ascendentes y descendentes respectivamente.



El sistema de eliminación de vibraciones Shock Eliminator es muy efectivo en el transporte de aperos suspendidos por caminos rurales. Disponer de acelerómetros estratégicamente colocados en los tractores y máquinas agrícolas puede ayudar a demostrar objetivamente lo que cualitativamente perciben los usuarios durante la conducción.

Figura 8

Resumen de las características más relevantes de funcionamiento del motor: régimen (rpm) durante los ensayos de laboreo.



dica que son necesarios 10 ml de combustible para remover 1 m³ de suelo.

Análisis de vibraciones en transporte

De acuerdo con los datos del GPS la velocidad en transporte osciló entre 10 km/h en algunas zonas y 15 km/h en otras. Este hecho es fácilmente visualizado en la **figura 5**. Las **figuras 12, 13 y 14** comparan el efecto del sistema Shock Eliminator a partir de los datos de dos acelerómetros uniaxiales: uno situado en el asiento del conductor dotado con amortiguación neumática y otro en el centro del apero suspendido.

En este ensayo se repitió exactamente el mismo recorrido dos veces: con y sin Shock Eliminator empleando la regulación electrónica TCE 15T, cuyo propósito es proteger a la máquina y al conductor frente a golpes y sacudidas.

El Shock Eliminator introduce un elemento

amortiguador que evita la unión rígida entre el apero y el resto del tractor. La **figura 12** muestra un mayor nivel de aceleración en el asiento del conductor en el trayecto realizado sin el sistema antivibración, alcanzando aceleraciones de hasta 8 g (m/s²). La situación se invierte en el centro del apero (**figura 13**), donde se registran aceleraciones puntuales superiores a 30 g (m/s²) cuando el Shock Eliminator se mantiene activo, mientras que no se superan los 10 g (m/s²) con él desactivado.

La **figura 14** muestra el histograma de vibraciones que indica que el Shock Eliminator no solo elimina los grandes golpes sino que además atenúa las vibraciones de nivel intermedio.

Conclusiones

En este ensayo de campo ha sido posible observar la actuación del sistema de cambio automático: Quadractiv de la versión Claas

Figura 9

Efecto del cambio automático sobre la velocidad real de avance en dos trayectos con chisel: ascendente (izquierda) y descendente (derecha), manteniendo el régimen del motor en 2000 rpm.

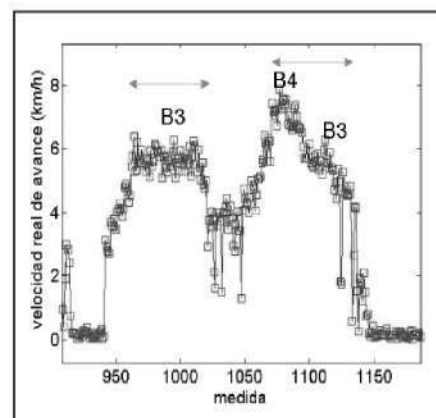


Figura 10

Ejemplo de datos recogidos a través del conector de diagnóstico trabajando con el chisel en control automático de transmisiones. El sistema Quadractiv es capaz de mantener el régimen del motor salvo cuando se alcanza el 100% de carga del motor.

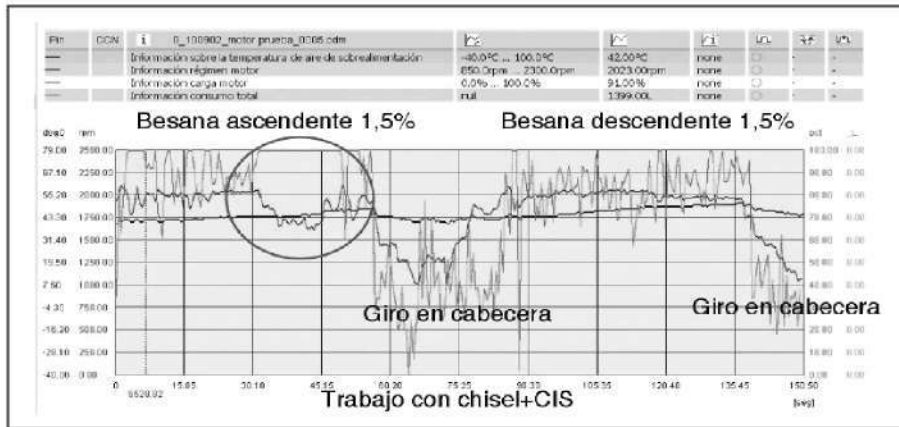
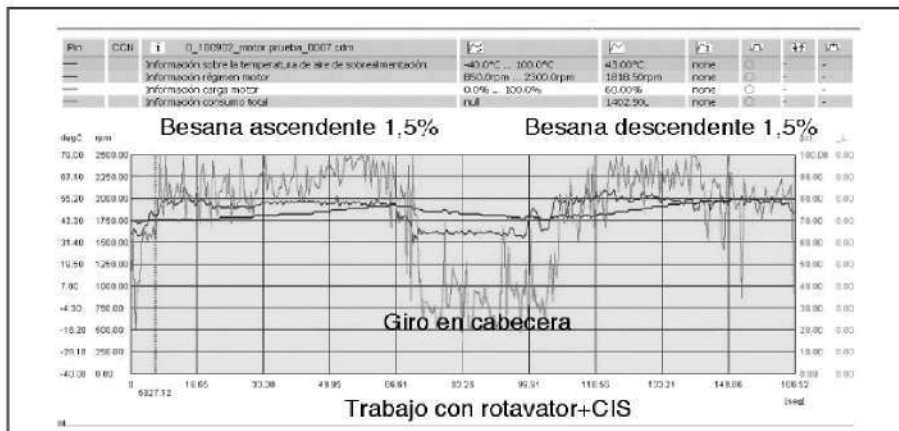


Figura 11

Ejemplo de datos recogidos a través del conector de diagnóstico trabajando con el rotavator en control automático de transmisiones. El sistema Quadractiv es capaz de mantener el régimen del motor independientemente de pequeñas variaciones de carga del motor.



Information System. El sistema permite mantener parámetros de funcionamiento del motor constantes (régimen del motor o de la toma de fuerza). Sin embargo, para mantener una velocidad de trabajo constante con este equipo se debería disponer además de algún sistema para la determinación de la velocidad real de avance, como un GPS o radar.

El CIS, sin embargo, puede permitir al usuario elegir zonas de bajo consumo, así como trabajar con la tranquilidad de que ante la eventualidad de la sobrecarga del motor el sistema reaccionará cambiando de marcha para impedir el calado.

Conviene en el futuro insistir en la necesidad de ajustar convenientemente el lastrado

de los nuevos tractores para optimizar sus prestaciones, reduciendo en lo posible el hidroinflado, y así evitar que diseños esmerados en la distribución de peso realizados en fábrica se vean desvirtuados a nivel de usuario por la herencia de prácticas que no se adaptan a las condiciones actuales de trabajo de los tractores.

El sistema de eliminación de vibraciones Shock Eliminator es muy efectivo en el transporte de aperos suspendidos por caminos rurales. Disponer de acelerómetros estratégicamente colocados en los tractores y máquinas agrícolas puede ayudar a demostrar objetivamente lo que cualitativamente perciben los usuarios durante la conducción.

Figura 12

Comparación del efecto del sistema de amortiguación sobre el asiento neumático.

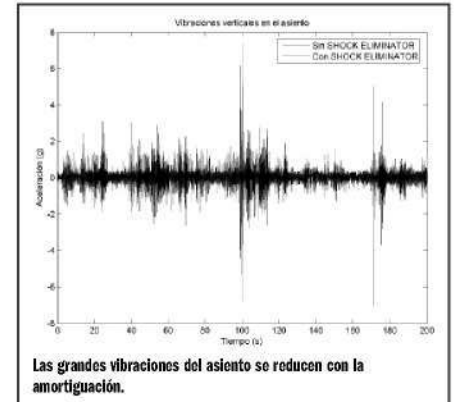


Figura 13

Comparación del efecto del sistema de amortiguación sobre el centro del apero.

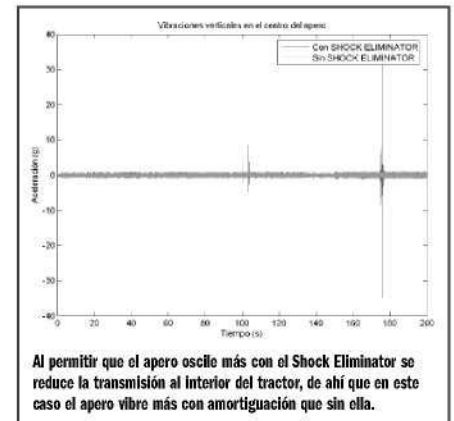


Figura 14

Comparación de los histogramas de vibración.

